Aus der technischen Abteilung (Vorstand: Professor Dr. K. Falck) der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der Universität München (Direktor: Professor Dr. P. P. Kranz).

Formveränderungen verschiedener Gipssorten in Abhängigkeit vom jeweiligen Arbeitsgang

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde

der Medizinischen Fakultät

der Ludwig-Maximilians-Universität zu München.

Vorgelegt von

Hans Fricke

Zahnarzt aus Erfurt.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Druck von Kastner & Callwey in München

Formveränderungen
verschiedener Gipssorten in Abhängigkeit vom jeweiligen Arbeitsgang.

I.

Unter den Hilfsmaterialien, die uns bei der Durchführung zahnärztlich-prothetischer Behandlung zur Verfügung stehen, nimmt der Gips eine besondere Stellung ein. Er dient seit jeher als das meist angewandte Abdruckmaterial. Aber auch bei der Verwendung anderer Abdruckmethoden, z. B. des Funktionsabdruckes mit plastischer Masse ist immer noch der Gips notwendig zur Herstellung der Ausgangsmodelle, auf denen die weiteren technischen Arbeiten ausgeführt werden.

Obwohl in den letzten Jahrzehnten sehr viele neue plastische Kompositionsabdruckmassen auf dem Markt erschienen sind, denen die besten Qualitäten zugeschrieben wurden und die demzufolge den Gips, der seit den Anfängen der Zahnheilkunde in den Dienst der zahnärztlichen Technik gestellt wurde, mit ihren angepriesenen Eigenschaften von seinem führenden Platz verdrängen wollten, so kann man noch bis heute behaupten, daß sich in Wirklichkeit nichts Besseres gefunden hat und daß der Gips nach wie vor das meist angewandte Abdruckmaterial darstellt. Eigentlich bei allen prothetischen Arbeiten dient der Gipsabdruck zur Herstellung eines Ausgangsmodelles, auch wenn darauf noch einmal besondere Abdrucklöffel angefertigt werden, um mit Hilfe der plastischen Massen Kompositions- oder Funktionsabdrücke herzustellen. Lediglich orthodontische Arbeiten oder aber die Herstellung komplizierter Schienen oder fortlaufender Klammern verlangen andere Materialien. Da aber der Gips auch bei diesen komplizierten Abdruckverfahren zu einem unentbehrlichen Material für unsere technischen Arbeiten geworden ist, weil ja das spätere Modell aus ihm hergestellt werden muß, so bedarf es der Notwendigkeit, sich mit seinem Vorkommen, seiner chemischen Zusammensetzung und dem Brennprozeß im besonderen zu beschäftigen, im Hinblick auf die Formveränderung, die bei dem Herstellungsgang und während der späteren Verarbeitung als Fehlerquelle entstehen; denn was nützen uns die kompliziertesten Abdruckverfahren, funktioneller Abdruck, Unterfütterungsverfahren, physiologische Randgestaltung, wenn das spätere Modell diesem Abdruck nicht mehr entspricht. Versuche also über Fehlerquellen eines

Arbeitsverfahrens haben nur dann einen Sinn, wenn diese Untersuchungen den ganzen Arbeitsgang umfassen und nicht einen Teil herausgreifen, um auf das Ganze zu schließen, wie etwa das Abdruckverfahren allein, wobei man den Gips vergißt, der eigentlich an zentraler Stelle in allen prothetischen Arbeiten steht.

II.

Trotz der großen Bedeutung, die der Gips so für alle technischen Maßnahmen besitzt, sind die in der Literatur mitgeteilten Untersuchungen sehr gering. Wir hören von Gysi, daß er Gips in ein Glas einfüllte und bei der Erstarrung die Beobachtung einer Ausdehnung machte, wodurch dieses Glas zersprang. An der Weite der Sprungzwischenräume versuchte bereits Gysi in den frühesten Mitteilungen hinter die Besonderheiten der Formveränderungen zu kommen; Anrührverhältnisse, katalytische Zusätze zum Gips werden untersucht. Diese eigentlich noch wenig exakten Untersuchungen verbesserten in physikalischer Hinsicht seine Schüler Schacke und Dubs. Schacke bediente sich dabei sehr genauer Meßmethoden, die kritisch bei der Beschreibung der eigenen Versuchsanordnung noch näher beobachtet werden sollen. Das sind die einzigen in der Literatur bekannt gewordenen Untersuchungen. Besonders die neueren Gipssorten, die Hartgipse deutschen Fabrikates, sind bis jetzt überhaupt noch nicht untersucht worden und da gerade diese bei neueren Arbeitsmethoden der prothetischen Zahnheilkunde, bei der Neohekolith-, Gingivist- und Palatonherstellung ausschließlich Anwendung finden, aber auch gerade diese eine große Verschiedenheit bezüglich der Formveränderung zeigen, ist es besonders notwendig geworden in einer Untersuchung auf diese einzugehen. Wir entdeckten bei unseren Untersuchungen, daß schon die besondere Darstellung der Hartgipssorten von vornherein Schlüsse auf die zu erwartenden Formveränderungen zuläßt. Deshalb ist es notwendig, zuvor das Vorkommen, die chemische Zusammensetzung und den Brennprozeß näher zu beschreiben.

Vorkommen, chemische Zusammensetzung und Brennprozeß

Wie auch Schacke schon darüber berichtet, liefert uns die Natur in reichem Maße den Gips, der heute einen der meist benutzten Stoffe darstellt. Wir finden ihn in der Natur in zwei Modifikationen: als Gipsstein und als Anhydrit. Sie können beide an demselben Ort nebeneinander gelagert sein. Allerdings kommt es oft vor, daß der Gipsstein vom Anhydrit überlagert wird. Als wesentlichsten Bestandteil enthält der Gipsstein das Kalziumsulfat mit 20,9% Kristallwasser. In reinstem Zustande besteht er

zu 100% aus Kalziumsulfat. Er ist außerdem farblos und durchsichtig. Natürlich kann er aber auch Verunreinigungen von Schiefer, Ton, Sand und Anhydrit in großem Ausmaß enthalten. Bestimmend zur Unterscheidung des Gipses von anderen Mineralien sind die Spaltbarkeit seiner Kristalle in der Längsachse zu dünnen, glänzenden Blättchen; sein spezifisches Gewicht von 2,3 — Anhydrit ist schwerer, sein spezifisches Gewicht beträgt 2,9; seine Härte, die größer als die des Talks, aber geringer als die von Kalkspat und schließlich sein Verhalten gegen Säuren, insbesondere gegen Salz-, Salpeter-, Schwefel- und Essigsäure, in denen Gips nicht aufschäumt. Der von uns und in der Industrie im allgemeinen verarbeitete Gips wird durch das sogenannte Brennen aus den Gipssteinen gewonnen. Wichtig ist, daß die Qualität in hohem Maße von der Güte des Rohmaterials abhängig ist. Erst nach dem Brennprozeß besitzt der Gips die Eigenschaft, nach Vermengen mit Wasser zu erhärten. Beim Erhitzen des Gipssteins, der ein Dihydrat darstellt mit der Formel $CaSO_4 + 2\ H_2O$ wird ein Teil des Kristallwassers ausgetrieben. Bei 120 bis 130° C verliert er 75% davon und gestaltet sich zum größeren Teil zu einem Hemihydrat um mit der Formel $CaSO_4 + \frac{1}{2}\ H_2O$, zum kleineren Teil zu einem löslichen Anhydrit mit der Formel $CaSO_4$ um, das ebenfalls abbindefähig ist. Ein weiteres Austreiben von Wasser erfährt der Gipsstein bei 200—300°. Bei dem jetzt gewonnenen Gips kann man wohl beim Anrühren ein Aufnehmen von Wasser beobachten, aber ein Erstarren ist nicht mehr möglich. Wir haben es hier mit dem sogenannten totgebrannten Gips (unlösliches Anhydrit) zu tun. Bei 500° stellt sich wiederum das Abbindungsvermögen ein. Bei diesen Temperaturen bildet sich während des Brennvorganges Kalziumoxyd, das für die jetzt wieder vorhandene Möglichkeit des Abbindens verantwortlich ist. Den so gewonnenen Gips nennt man den Estrichgips, verwandt im Bauhandwerk. Ein Erhitzen über 600° hat ein endgültiges Verlieren seiner Abbindungsfähigkeit zur Folge. Beim Brennen eignet sich nur ein durch und durch reiner Gipsstein. Kommen Verunreinigungen hinzu, so haben wir es mit einem minderwertigen Material zu tun. Größere Temperatur, als in den vorigen Zeilen angegeben, werden im Großbetrieb angewandt. Dementsprechend wird aber die Brenndauer um so kürzer gehalten. Im allgemeinen brennt man den Gipsstein bei 150° in 36 Stunden zu Gips oder bei 180° in 24 Stunden oder schließlich bei 220° in 2 Stunden. Für die Qualität des Gipses bezüglich der Erhaltung der Form sind die vorher erwähnten drei Punkte: Brennhöhe, Brenndauer und Art des Brennens von Bedeutung.

Hartgipse entstehen aus einfachen weißen Gipssorten durch besondere Brennverfahren. Das Gleichgewicht, nach dem der technische Brennprozeß

vor sich geht, lautet $CaSO_4 + 2\ H_2O \overset{107}{\underset{\leftarrow}{\rightarrow}} CaSO_4 + \frac{1}{2}\ 2\ H_2O$, d. h. also, der Umschlagspunkt liegt bei 107°. Der Vorgang der technischen Darstellung des Hemihydrats würde aber viel zu lange dauern, wollten wir uns auf Temperaturen wie 107—120° beziehen. Bei 150° dauert der Brennprozeß, wie beschrieben, 36 Stunden, bei 180° 24 Stunden. Je nach der Art der Anlage und Brennzeit entsteht aber ein Gips ganz verschiedener Güte. Auch Formveränderungen stehen damit, wie ich zeigen will, in direktem Zusammenhang.

Wir bekommen nämlich beim Brennen kein reines Hemihydrat. Ein Teil des Dihydrats ist nach 36stündiger Brennzeit schon übergeführt in Hemihydrat, ein Teil des ersteren bleibt aber bestehen und fungiert als Füllstoff. Verwenden wir sehr hohe Temperaturen und kurze Brennzeit, so tritt auch totgebrannter Gips auf. Das ist der, welcher im Ofen der Wärmequelle am nächsten war. Die Zusammensetzung des gewöhnlichen Gipses nach dem Brennen lautet also: 1. Hemihydrat, 2. lösliches Anhydrit, 3. Dihydrat als Füllstoff, 4. totgebrannter Gips.

Eine Verbesserung des Gipses beruht darauf, den Brennprozeß so auszugestalten, daß der Gehalt an abbindefähigen Substanzen, Hemihydrat und lösliches Anhydrit, möglichst groß wird, die Zahl der Füllstoffe dagegen herabgesetzt wird. Das ist bei den modernen Hartgipsen geschehen. Drehbare, mit Öl oder elektrisch geheizte Öfen sorgen für eine gleichmäßigere Temperatur und gute Durchmischung. Wie steht es nun mit Expansion und Schrumpfung bei den verschiedenen Gipssorten bedingt durch den Herstellungsgang? Es ist eine besondere Eigenschaft des Hemihydrates, bei der Aufnahme von Wasser sich auszudehnen. Gipse mit geringerem Gehalt an Hemihydrat und hohem Gehalt an Füllstoffen, dazu gehören, wie wir gesehen haben, die Abdruckgipse, aber auch der normale Weißgips, zeigen eine geringere Ausdehnung als solche, bei denen die Verarbeitung die Komponente des Hemihydrates besonders hervorgehoben hat, wie z. B. bei den Hartgipsen. Das kann man schon aus dem theoretischen Werdegang ablesen und beweisen auch die nachstehenden Versuche.

Rühre ich die verschiedenen Gipssorten nun mit Wasser an, so bindet natürlich allein das Hemihydrat und das lösliche Anhydrit ab.

Hemihydrat, lösliches Anhydrit, Dihydrat, totgebrannter Gips.

Wasser.

Abbindefähige Substanzen | nicht abbindefähige Substanzen.

Im übrigen bleibt aber je nach Füllstoffgehalt überschüssiges Wasser in den freien Räumen gebunden, was aber kein Kristallwasser darstellt. Gerade die Gipssorten mit hohem Füllstoffgehalt zeichnen sich durch besonders starke Wasseraufnahme aus. Findet nun, sei es durch einfache Trocknung oder um das Gipsmodell oder den Abdruck für die weitere Verarbeitung vorzubereiten (Verkupferung, Pressen bei höheren Temperaturen in Öl), eine Erwärmung über 100° statt, so beobachten wir eine Schrumpfung, und zwar ist diese um so größer, je höher der Wassergehalt an freiem Wasser (nicht Kristallwasser) war.

Es stehen also Expansion und Schrumpfung gebräuchlicher sowie neuere Gipssorten, wie aus dieser theoretischen Überlegung hervorgeht, in direktem Zusammenhang zum Herstellungsgang, was wiederum auch in technischer Hinsicht auf die große Bedeutung nachstehender Untersuchung hinweist. Theoretisch müßte sich dann ein Abdruckgips mit nicht hygroskopischen Füllstoffzusätzen besser auswirken als der gebräuchliche bzw. dürften den Hartgipsen nur solche Zusätze beigemengt werden, die der Expansion entgegenwirken.

2. Spezieller Teil

Den Untersuchungen Gysis kommt zwar der Wert der ersten Beobachtung zu, jedoch ist seine Versuchsanordnung viel zu ungenau, um zahlenmäßig Messungen von Expansion und Schrumpfung auszuführen. Auch wir haben diese Beobachtungen bei unseren technischen Arbeiten in ganz ähnlicher Weise gemacht. Wir sahen z. B., daß eine aufgefüllte Gingivist-Küvette nach dem Trocknen Spalträume an den Rändern zeigte. Ein Beweis dafür, daß hier eine Schrumpfung des Gipses eingetreten ist. Es wäre aber viel zu ungenau und sicher ist das auch nicht von Gysi gewollt gewesen, an Hand der Breite dieser Sprünge Genaues über Expansion und Schrumpfung auszusagen. Es kommt als Versuchsanordnung darauf an, die oftmals komplizierten Arbeitsverfahren unserer Technik auf eine lineare Messung zu beziehen. Das haben Schacke und Dubs durch ihre Versuchsanordnung erreicht. Aus Stanniol fertigten sie Kästen von $4 \times 1 \times 1$ cm Ausmaßen an. Durch diese Zinnfolie war die Möglichkeit allseitiger Ausdehnung gegeben, nachdem die Abbindung auf einmal vor sich gegangen war. Schacke sowohl als auch Dubs bedienten sich bei ihren Messungen eines Mikroskops mit Fadenkreuz, das auf einer Meßschiene entlang läuft und unter dem der Gips tageweise auf seine Länge bestimmt wurde. Sie erhalten so sehr genaue Werte für die Expansion

und Schrumpfung ihrer Gipsstäbe. Eigenartigerweise beziehen sich aber nun Schacke und Dubs nicht auf einmalige Messungen des Gipsstabes, sondern sie machen Reihenversuche, ein Hinweis dafür, daß die Messungen am Einzelstabe nicht so genau verlaufen, sondern daß nur der Durchschnitt einer größeren Versuchsreihe gewisse Fehlerquellen auszugleichen vermag. Bei unseren ersten Versuchen hatte sich nun gezeigt, daß durch Luft, Feuchtigkeit und Temperatur doch eine sehr erhebliche Verschiedenheit unter den Messungen stattfindet. So beobachtete ich als Expansion nach 5 Minuten der ganz gleich behandelten Alabaster-Gipsstäbe die Werte 0,1; 0,1; 0,2; 0,4; 0,1; 0,2; 0,2; 0,1 mm, was immerhin besagt, daß bei allen Expansionsversuchen ein Fehlerbereich von mindestens 0,3 mm gegeben ist. Die Versuchsanordnung von Schacke arbeitet nun in ihren Messungen mit so präziser Genauigkeit, daß Zahlenwerte mit $^1/_{100}$ cm Genauigkeit dabei entstanden. Wenn aber die Fehlerquelle aus den Durchschnittsversuchen bereits mit mindestens $^3/_{100}$ cm gerechnet werden muß, so erschien es uns überflüssig, Messungen anzuwenden, die drei Stellen hinter dem Komma aufweisen. Meine Versuchsanordnung war deshalb wesentlich einfacher.

Als Form für die herzustellenden Gipsstäbe von $10 \times 1 \times 1$ cm Größe richtete ich mir, denkbar einfach, einen kleinen Kasten her, bestehend aus zwei nur ganz lose zusammengefügten, rechtwinkeligen Eisen, Boden und Deckel freilassend, die später beim Einfüllen mittels eines Gummibandes zusammengehalten wurden, um der einsetzenden Expansion des Gipses keinen Widerstand entgegen zu setzen. Das gleichmäßige Verteilen des Gipsbreies in dem Kasten führte ich auf einer Glasscheibe als Unterlage durch, womit ich gleichzeitig durch das Bestreichen der Oberfläche eine äußerst glatte und porenfreie Oberfläche verschaffte. Die Gipsstäbe waren nach vollendeter Abbindung durch vorheriges Isolieren der Kastenwände mit Vaseline sehr leicht zu entfernen. Gemessen habe ich die Expansion und Kontraktion dann mit einer gewöhnlichen Schublehre mit einer Genauigkeit von $^1/_{100}$ cm. Gemessen wurde die lineare Veränderung. Daraus ist leicht die Volumenänderung zu errechnen, die das Dreifache der linearen beträgt.

Grundsätzlich befleißigte ich mich, ein möglichst gleichmäßiges Gipsgemenge herzustellen, das ja, wie schon öfter betont, das günstigste ist. Die Mischungsverhältnisse von Wasser: Gips mußten jeweils bei jedem einzelnen Fabrikat geändert werden. Die Messungen führte ich in der ersten halben Stunde alle 5 Minuten durch, später in größer werdenden Zeitabständen. Eine Expansion war noch zum Teil 1 bis 2 Tage nach dem Ausgießen der Gipsstäbe festzustellen, dann aber in keinem Fall mehr.

Dieselben 2 bis 3 Tage alten Gipsstäbe erhitzte ich dann 30 Minuten lang auf einem Drahtgitter über der Flamme. Bei allen Gipsstäben war eine beträchtliche Kontraktion festzustellen. Außerdem verloren alle Gipsstäbe einen erheblichen Teil ihrer Härte.

Diese erhitzten und kontrahierten Stäbe brachte ich dann in ein Paraffinbad von 210°, ohne daß in irgendeinem Fall eine Veränderung hätte festgestellt werden können. Für unsere Klinik hatte dieser Versuch eine besondere Bedeutung, da wir sehr viel mit dem neuen Werkstoff Gingivist an Stelle von Kautschuk arbeiten. Gingivist wird bekanntlich nicht wie Kautschuk erst gestopft, gepreßt und vulkanisiert, sondern, im Ölbad bei einer Temperatur von 170—210° zähflüssig geworden, unter stetigem Druck in die gewünschte, durch das Modell vorgeschriebene Form gepreßt. Wichtig ist hierbei, daß die dritte Expansion, die man beim Vulkanisieren in so hohem Maße leider beobachten muß, vollkommen ausfällt und uns eine erhebliche Formveränderung der späteren Prothese erspart bleibt.

Da es, wie oben nachgewiesen ist, bei solchen Gipsversuchen nicht auf größte, zahlenmäßige Genauigkeit ankommt, sondern wir vielmehr darauf angewiesen sind, aus einer großen Zahl von Versuchen eine gewisse Regelmäßigkeit herauszulesen, befleißigte ich mich, eine größere Zahl von Gipsstäben, ungefähr 15 bis 20, herzustellen und durch Messungen auszuwerten. Untersucht wurde dabei zunächst einmal der gewöhnliche Abdruckgips, so wie wir ihn in unserem Institut normalerweise brauchen, ferner der weiße Alabastergips im Mischungsverhältnis 50:100, zuletzt die vier gebräuchlichen deutschen Hartgipssorten: der gelbe Hekolithgips, Moldano, Modelit und Hinrizitgips. Die ebenfalls gemessene Wärmeentwicklung, wie sie durch die Abbindung eintritt, hat keine bedeutenden Schlüsse auf die besonderen Formveränderungen der Gipssorten zugelassen und kommt deshalb auch in dieser Arbeit nicht zur Aufzeichnung.

Versuchsergebnisse

Versuchsreihe 1. Expansion vosa Abdruckgips.

Wir verwenden als Abdruckgips im Institut ein Fabrikat der Firma Völcker in München, das nach unseren Angaben hergestellt ist und das die Besonderheit besitzt, daß es mit einer 4%igen Kaliumsulfatlösung angerührt werden muß. Wir haben schon früher während des praktischen Arbeitsprozesses die Beobachtung machen können, daß dieser Gips eine wesentliche Schrumpfung zeigt, dann, wenn wir ihn aus irgendeinem

Grunde ausgetrocknet haben. So hat z. B. die Verkupferung solcher Gipsabdrücke zur Voraussetzung, daß wir den Abdruck zunächst mit Paraffin durchtränkten. Dabei ist aber nötig, daß sämtliches überschüssige Wasser aus dem Gips entfernt wird, und wir haben gerade bei solchen Abdrücken, obwohl die Verkupferung die genaueste Wiedergabe aller Feinheiten des Abdruckes zuläßt, sehr erhebliche Unstimmigkeiten zwischen Modell und Abdruck beobachten können. Darauf weist bereits Mehnert in seinen Versuchen hin. Es ist aber auch in unserem Institut mehrfach praktisch erprobt worden.

Der rosa Abdruckgips zeigt bereits in den ersten 5 Minuten eine sehr starke Ausdehnung bis zu 0,3 mm linear gemessen. Hier ist bei allen Versuchen ein Haltepunkt zu bemerken und erst nach 15 Minuten steigt die Expansion weiter auf 0,4 und erreicht nach 60 Minuten 0,5 mm, wo sie dann bestehen bleibt. Im Vergleich zu den Messungen an den übrigen Gipssorten ist die anfängliche Expansion zwar sehr eindrucksvoll, die Gesamtexpansion jedoch gering, wenn wir bei den Hartgipsen Werte bis zu 1,00 mm beobachten können. Als Erklärung für diese Erscheinung führe ich den allgemeinen Teil an. Der rosa Gips ist sehr stark mit Füllstoffen durchsetzt: Bolus alba und Bolus rot, so daß die Komponente des Hemihydrats, die die Expansion verursacht, stark in den Hintergrund tritt.

Tabelle 1.

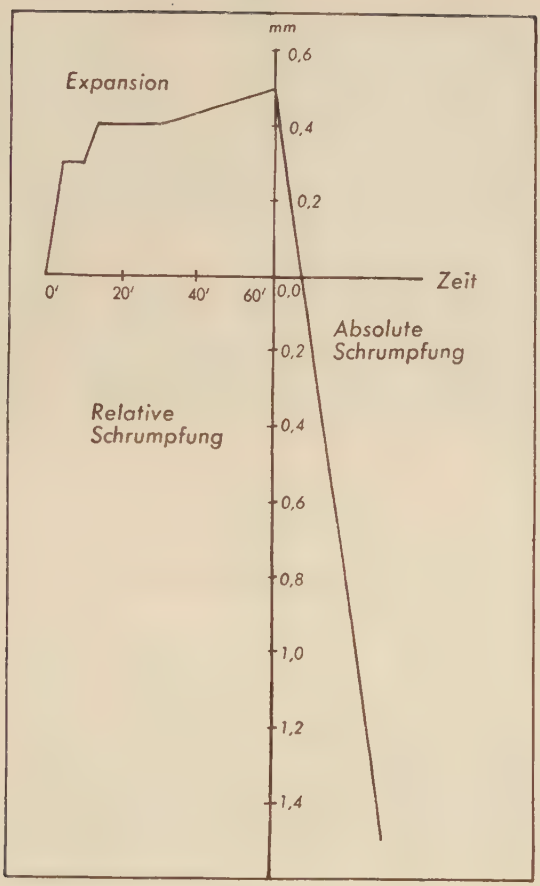
Gips- stab	Expansion nach 5	10	15	20	30	60 Min.	3 Std.	1 Tag	2 Tagen
I	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6
II	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
III	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
IV	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
V	0,1	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5
VI	0,2	0,2	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	1,7	1,9	2,2	2,4	2,5	2,9	2,9	2,9	2,9
Durchschnitts-Expansion	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5

Die größtdurchschnittliche Ausdehnung beträgt 0,5%.

Nach $^1/_2$stündigem Erhitzen über schwacher Flamme Zurückgehen von 10,09 auf 9,89 cm = 2% Kontraktion. (Kurve 1.)

Entsprechend dem hohen Füllstoffgehalt des Abdruckgipses und seiner damit sehr großen Aufnahmefähigkeit für Wasser ist natürlich die Schrumpfung beim Austrocknen sehr erheblich. Der 10 cm lange Gipsstab, der sich

Kurve 1.



um 0,5 mm ausgedehnt hatte, weist eine Verkürzung von 2 mm auf, also eine Verkürzung von 2%. Das ist natürlich eine Fehlerquelle, die, wenn sie in ein Arbeitsverfahren hineingetragen wird, ganz erheblich ins Gewicht fällt. So ist es auch zu verstehen, daß die verkupferten Gipsabdrücke Mehnerts nachher eine sehr viel geringere Saugfähigkeit des fertigen Stückes zeigten, als dann, wenn wir den Abdruck ohne Trocknen einfach mit einem Hartgips ausgegossen hatten und ihn dann mit Zinnfolie belegten (für die Verarbeitung von Gingivist, Palaton und Neohekolith).

Versuchsreihe 2. Versuche mit weißem Alabastergips.

Den weißen Alabastergips, ebenfalls ein Fabrikat der Firma Völcker, benutzten wir normalerweise bei allen Kautschukarbeiten ohne Zusätze von Katalysatoren. Die Härte dieses weißen Gipses ist bei einem Anrührverhältnis von 100:50 etwa halb so groß wie die Härte der speziellen Hartgipsformen (Messungen Bachhuber), was wiederum darauf schließen läßt, daß der Gehalt an abbindefähigen Substanzen bei diesem Gips geringer ist. Die Expansion zeigt einen allmählicheren Anstieg als das bei dem rosa Abdruckgips der Fall war. Die Gesamtexpansion beträgt bereits nach 20 Minuten 0,5 mm und bleibt auf dieser Höhe ohne Änderung bestehen. Wir wissen zufällig, daß der weiße Modellgips und der rosa Abdruckgips von dem gleichen Fabrikat ausgehen. Die Verzögerung der Expansion beim Abdruckgips um 40 Minuten kommt also durch die Zusätze an Füllstoffen zustande. Sicher ist die Abbindung der Hemihydratkomponente in diesem ebenfalls verzögert, weil das Wasser durch die Füllstoffe festgehalten wird.

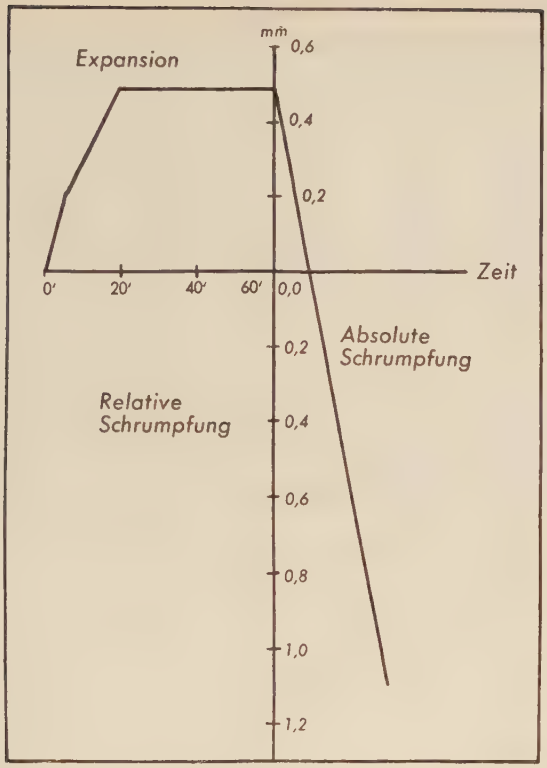
Tabelle 2.

Gips-	Expansion								
stab	nach 5	10	15	20	30	60 Min.	3 Std.	1 Tag	2 Tagen
I	0,1	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
II	0,1	0,3	0,5	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8
III	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
IV	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
V	0,1	0,2	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
VI	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
VII	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
VIII	0,1	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	1,4	2,4	2,9	3,6	3,8	3,8	3,9	3,9	3,9
Durchschnitts-Expansion	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Die größtdurchschnittliche Ausdehnung beträgt 0,5%.

Nach ½stündigem Erhitzen über schwacher Flamme Zurückgehen von 10,08 auf 9,92 cm = 1,6% Kontraktion.

Kurve 2.



Entsprechend dem geringeren Gehalt an zusätzlichen Stoffen im weißen Modellgips ist auch seine Wasseraufnahmefähigkeit und die daraus sich ergebende Schrumpfung geringer als dies bei dem Abdruckgips der Fall war. Die gemessenen Werte liegen mit 1,6% aber immer noch weit über denen der Hartgipssorten.

Versuchsreihe 3. Versuche mit Hekolithgips.

Als typischen Vertreter der Hartgipssorten verwandte ich in meinen Versuchen den Hekolithgips, so wie ihn ebenfalls die Firma Völcker in München uns liefert. Die Expansion dieses Hekolithgipses ist ganz außerordentlich. Sie beträgt zwar 5 Minuten nach dem Abbinden nur 0,1 mm, steigt dann aber sehr rasch auf 0,5; 0,7 mm und erreicht nach 60 Minuten seine größte Expansion von 0,8 mm, wo er dann bestehen bleibt. Sicherlich ist es dem besonders hohen Gehalt dieses Gipses an abbindefähigen Komponenten, so wie im allgemeinen Teil ausgeführt worden ist, zuzuschreiben, der diese große Ausdehnung bewirkt.

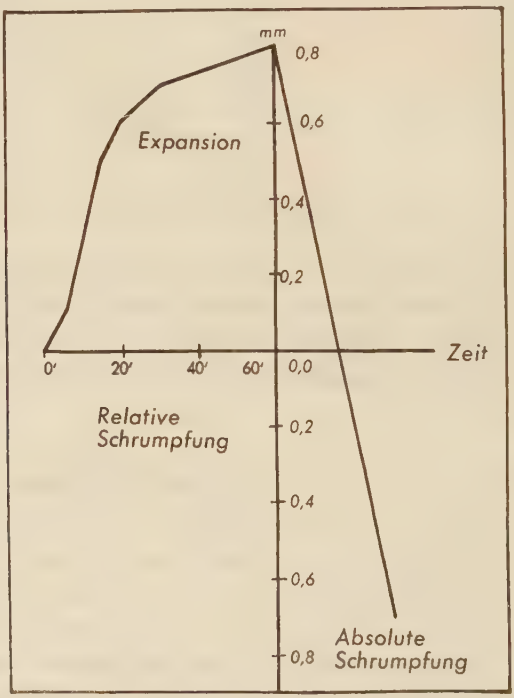
Tabelle 3.

Gips-stab	Expansion nach 5	10	15	20	30	60 Min.	3 Std.	1 Tag	2 Tagen
I	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7
II	0,2	0,3	0,4	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8
III	0,2	0,5	0,9	0,9	1,1	1,3	1,3	1,3	1,3
IV	0,1	0,3	0,6	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9
V	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6
VI	0,1	0,3	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8
VII	0,1	0,3	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7
	1,0	2,2	3,6	4,2	4,6	5,6	5,6	5,6	5,8
Durchschnitts-Expansion	0,1	0,3	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8

Die größtdurchschnittliche Ausdehnung beträgt 0,8%.

Nach ½stündigem Erhitzen über schwacher Flamme Zurückgehen von 10,10 auf 9,95 cm = 1,5% Kontraktion.

Kurve 3.



Andererseits ist aber die Schrumpfung des Hartgipses mit 1,5% geringer als die des Alabastergipses. Das macht den Hartgips besonders geeignet für technische Arbeiten, bei denen ein vorheriges Austrocknen

der Modelle oder der Küvette notwendig ist, z. B. bei der Verarbeitung des Gingivists, wo wir in Öl mit einer Temperatur von 190° die Herstellung vornehmen und wo das Modell nicht nur vollkommen wasserfrei sein muß, sondern auch ein Teil des Kristallwassers mit verlorengehen muß.

Versuchsreihe 4. Versuche mit Hinrizit.

Bezüglich seiner Expansion ganz ähnlich verhält sich der Hinrizit-Hartgips, das Fabrikat der Firma Hinrichs in Osterode. Der Verlauf der Expansionskurven von Hekolith und Hinrizit gleichen sich am Anfang völlig, nur daß der Hinrizitgips nach 24 Stunden noch einmal eine Expansion von 0,9 auf 1,0 mm zeigt, woraus die größtdurchschnittliche Gesamtausdehnung von 1,0% entsteht.

Die erhebliche Fehlerquelle, die durch die Expansion von 1 mm bei einem Stab von 10 cm entsteht, wird aber zum Teil bei diesem Gips durch die Kontraktion, die wieder sehr erheblich ist, ausgeglichen. Nach halbstündigem Erhitzen über schwacher Flamme, wo ein Schwund von 1,8 mm zu beobachten war, so daß also im Gegensatz zu dieser absoluten Schrumpfung eine relative Schrumpfung von 0,8% bestehen bleibt. Ob wir so ohne weiteres Expansion und Kontraktion, so wie es hier geschieht, in Vergleich setzen können, d. h. ob man auch für den praktischen Arbeitsgang jederzeit sagen darf, daß die Expansion die außerordentlich schädliche Schrump-

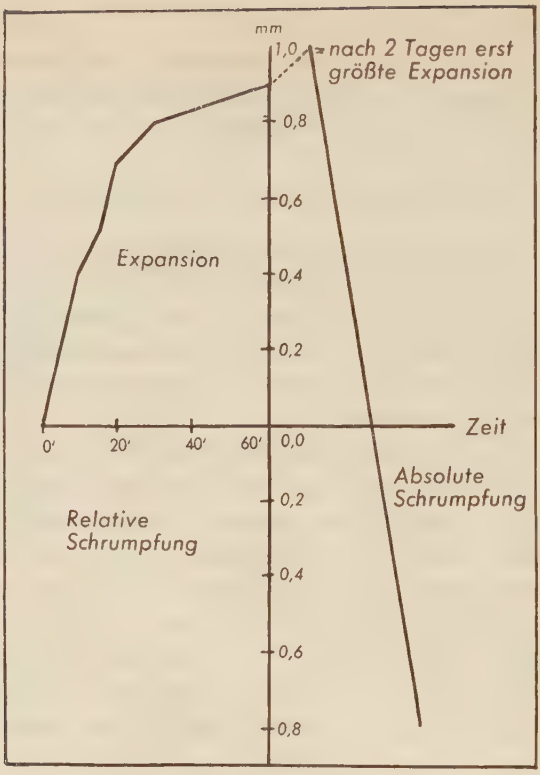
Tabelle 4.

Gipsstab	Expansion nach 5	10	15	20	30	60 Min.	3 Std.	1 Tag	2 Tagen
I	0,1	0,3	0,5	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9
II	0,3	0,6	0,8	0,9	1,1	1,3	1,3	1,3	1,6
III	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0
IV	0,2	0,3	0,5	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0
V	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9
VI	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9
VII	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
VIII	0,3	0,3	0,4	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
IX	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0
X	0,3	0,5	0,7	0,8	1,0	1,1	1,1	1,1	1,2
	2,3	3,7	5,3	6,6	7,5	9,4	9,4	9,4	9,8
Durchschnitts-Expansion	0,2	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9	1,0

Die größtdurchschnittliche Ausdehnung beträgt 1%.

Nach ½stündigem Erhitzen über schwacher Flamme Zurückgehen von 10,16 auf 9,98 cm = 1,8% Kontraktion.

Kurve 4.



fung auszugleichen vermag, bleibt dahingestellt. Küvettenring oder andere Formen behindern doch meistens die allseitige Expansion so, daß sie sich nur in der Richtung des geringsten Widerstandes auswirken kann. So haben wir z. B. bei den technischen Arbeiten der Gingivistherstellung die geringe Brauchbarkeit des Hinrizitgipses beobachten können.

Versuchsreihe 5. Versuche mit Modelit.

Während die beiden vorherigen Hartgipsvertreter die ausgesprochenen Erscheinungen der starken Expansion deutlich zeigen, folgen nun zwei solche, bei denen die Expansion durch die Art von Zusätzen, sei es durch den Farbstoff, sei es aber auch, daß sie zur Erhöhung der Härte zugefügt wurden, herabgesetzt ist. So steigt bei Modelit die durchschnittliche Expansion von anfänglich 0,1 mm nur bis zu 0,4 mm an. Wir hätten damit eigentlich einen sehr brauchbaren Hartgipsvertreter vor uns, wenn wir zugleich an die Messungen Bachhubers denken, der die außerordentliche Härte des Modelitgipses nachwies.

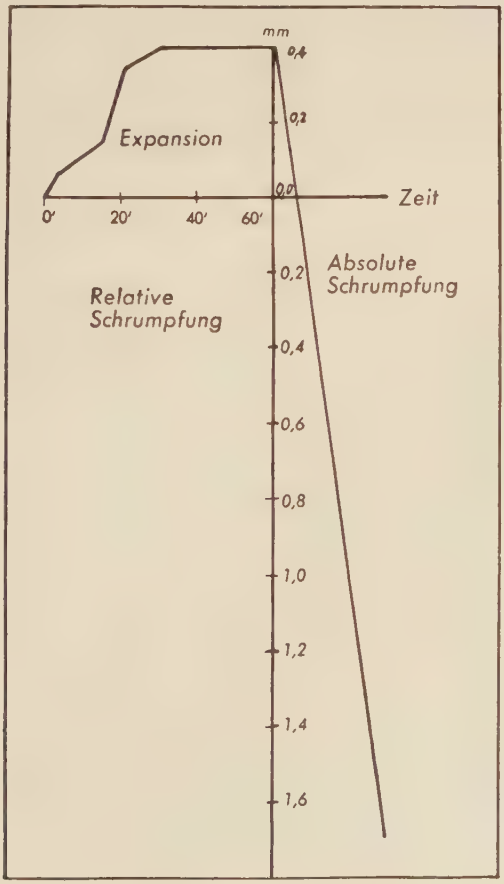
Tabelle 5.

Gips-stab	Expansion nach 5	10	15	20	30	60 Min.	3 Std.	1 Tag	2 Tagen
I	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
II	0,2	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
III	0,1	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
IV	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
V	0,1	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5
VI	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
VII	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
VIII	0,1	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	0,9	1,8	2,3	2,7	2,9	3,0	3,0	3,0	3,0
Durchschnitts-Expansion	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

Die größtdurchschnittliche Ausdehnung beträgt 0,4%.

Nach ½stündigem Erhitzen über schwacher Flamme Zurückgehen von 10,05 auf 9,84 cm = 2,1% Kontraktion.

Kurve 5.



Es hat sich nämlich gezeigt, daß die Brinellhärte der verschiedenen Hartgipssorten, dann, wenn wir sie der Austrocknung unterwerfen und wenn wir sie weiterhin in ein Ölbad bringen, steigt. Dieser Anstieg ist am größten beim Modelitgips und er wäre somit der geeignetste, den wir für die Gingivistherstellung verwenden können. Die oben beschriebenen Zusätze des Modelitgipses, die sowohl Härte als auch Expansion günstig beeinflussen, bergen aber eine sehr wesentliche Fehlerquelle in sich; denn der Modelitgips hat die allergrößte absolute Schrumpfung von allen Gipssorten. Der Gipsstab von 10 cm Länge schrumpft um 2 mm. Das ist ein Fehler, der ihn für unsere Arbeiten der Gingivistherstellung unbrauchbar macht, so gut er vielleicht für andere Verfahren des trockenen Pressens sein kann.

Versuchsreihe 6. Versuche mit Moldano.

Von allen Hartgipssorten am günstigsten erweist sich schließlich der Moldano-Gips. Besondere Zusätze in ihm halten zunächst einmal seine Expansion auf einem sehr niedrigen Wert. So steigt diese im Durchschnitt über 0,2 und 0,3 mm ebenfalls nur bis 0,4 mm an. Wir sehen andererseits, daß Moldanogips von allen Hartgipssorten nach einigen Tagen die größte Härte erreicht, ohne aber daß dann noch Veränderungen der Form zu beobachten wären.

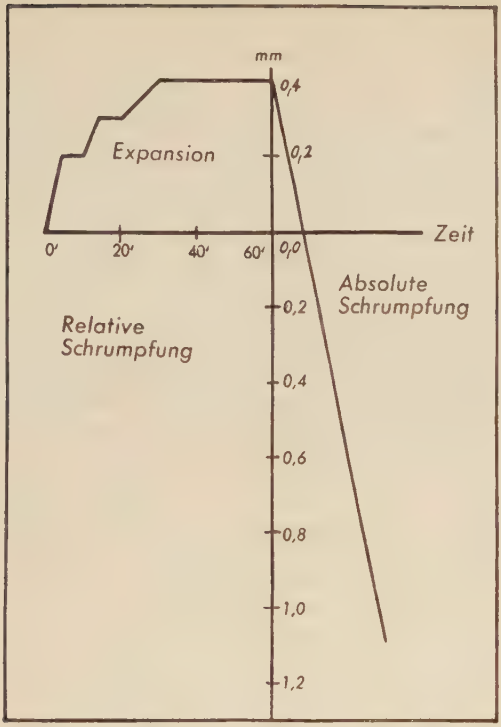
Tabelle 6.

Gipsstab	Expansion nach 5	10	15	20	30	60 Min.	3 Std.	1 Tag	2 Tagen
I	0,1	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
II	0,2	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
III	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
IV	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6
V	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
VI	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
VII	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
VIII	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3
IX	0,1	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	1,4	2,2	2,7	3,1	3,4	3,4	3,4	3,4	3,5
Durchschnitts-Expansion	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

Die größtdurchschnittliche Ausdehnung beträgt 0,4%.

Nach ½stündigem Erhitzen über schwacher Flamme Zurückgehen von 10,05 auf 9,90 cm = 1,5% Kontraktion. (Kurve 6.)

Kurve 6.



Bezüglich der Schrumpfung beim Austrocknen erweist sich Moldano noch als der typische Hartgipsvertreter. Die Schrumpfung, die annehmbar durch die Zusätze beim Modelitgips so außerordentlich groß war, weist hier nur Werte von 1,5% auf, d. h. sie ist mit Hekolithgips von allen Hartgipssorten die geringste. Aus diesem Grunde ist Moldanogips, und das hat auch die Praxis gezeigt, für die Gingivistherstellung und ganz allgemein für jedes Verfahren, bei dem eine vorherige Trocknung des Modells notwendig ist, ganz außerordentlich geeignet.

Versuchsreihe 7.

Es war nun festzustellen, ob die ausgetrockneten Gipsabdrücke durch das Eintauchen in Paraffin und Öl nicht eine nochmalige Ausdehnung erfahren und der entstandene Fehler von 2% nicht etwas herabgesetzt wurde. Es hat sich aber gezeigt, daß lediglich durch die Aufnahme von Wasser, nicht aber durch eine solche von Paraffin oder Öl eine Expansion

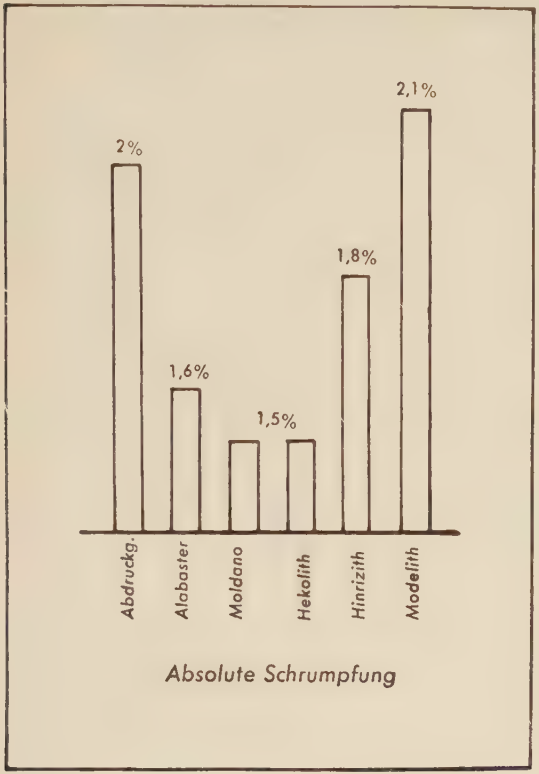

2%
1,6%
1,5%
1,8%
2,1%
Abdruckg.
Alabaster
Moldano
Hekolith
Hinrizith
Modelith
Absolute Schrumpfung

Abb. 7.

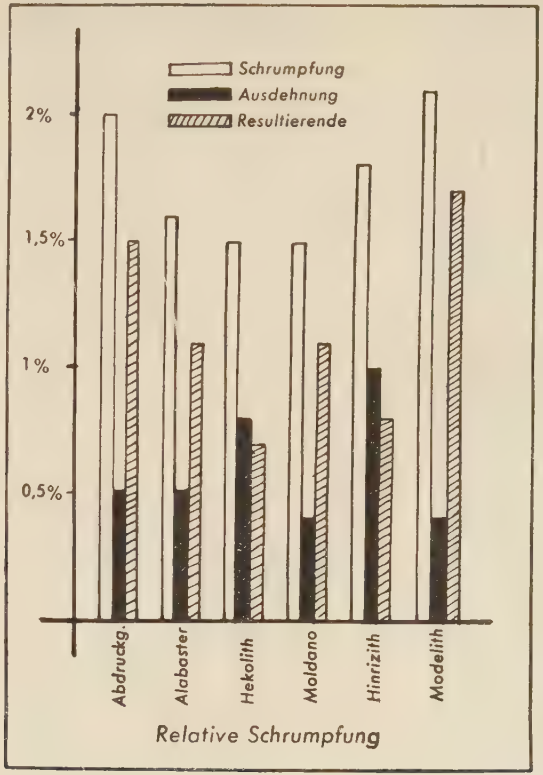

Schrumpfung
Ausdehnung
Resultierende
2%
1,5%
1%
0,5%
Abdruckg.
Alabaster
Hekolith
Moldano
Hinrizith
Modelith
Relative Schrumpfung

Abb. 8.

stattfindet. Sicherlich handelt es sich dabei nicht nur um das Ausfüllen leerer Räume, sondern um gewisse Kristallisationsverschiebungen, die nur unter Zugabe von Wasser entstehen können. Eine übersichtliche Zusammenstellung über die gemessenen Werte von Expansion, absoluter und relativer Schrumpfung geben noch einmal die Abbildung 7 und 8.

Aus der Abbildung 7 geht hervor, daß sich für die Gingivistarbeiten die beiden Gipssorten Moldano und Hekolith besonders eignen, wobei dem Moldano durch seine gleichzeitig geringe Expansion der Vorzug zu geben ist. Für andere technische Arbeiten, die bei den Gipssorten Modelit und Moldano an erster Stelle stehen, weil ihnen von den Hartgipsen die geringste Expansion eigen ist. Die Messungen der relativen Schrumpfung aus Abbildung 8 dagegen dürfen nicht ohne weiteres auf den praktischen Arbeitsgang übertragen werden, aus den Bedenken heraus, die ich bei der Besprechung des Hinrizitgipses geäußert habe. Nach dieser Messung allerdings erweist sich der Hekolithgips als der geeignetste mit relativer geringster Schrumpfung.

Reihe 8, 9, 10.

Mischungsverhältnis, Anrührzeit und katalytische Zusätze in Beziehung zur Expansion.

Es ist bekannt, daß wir bei fast jedem Handelsprodukt andere Verhältnisse vorfinden und daß jeweils der eine Gips ein ganz anderes Aufnahmevermögen für Wasser aufweist als eine andere Gipssorte. Schönbeck gibt für Alabastergips folgende Mischungsverhältnisse an: 1:2 und 2:3 wie Wasser:Gips (Gewichtsverhältnis), als das bessere erwies sich das Verhältnis 2:3. Gysi gibt dieselben Zahlen an. Ich habe dieselben Mischungsverhältnisse angewandt. Es ist eine alte Erfahrung, daß man allen unerwünschten Vorkommnissen am besten mit diesem Gemisch entgegenarbeitet. Ein zu dünn oder zu dick angerührter Gipsbrei war von jeher mit vielen Fehlerquellen verbunden. Es wird bei zu dünnem Gemisch die Expansion beträchtlich größer und es vermindert sich die Härte ganz erheblich. Parreidt, Spence und Gysi u. a. m. geben ein altes bewährtes Rezept an, wie es alle Praktiker von jeher taten und wie wir es auch in unserer Klinik noch handhaben, um einen bestmöglichen Gipsbrei herzustellen. Man streut dem im Napf befindlichen Wasser soviel Gipspulver zu, bis der Wasserspiegel verschwunden ist und die Masse des Gipses, die Oberfläche bildend, gerade die letzten Reste Wasser aufgesogen

hat. Jetzt muß man zusätzlich noch einige Löffel Gips zustreuen, was ohne Gefahr geschehen kann. Gysi warnt davor, Wasser oder Gips nachzumischen.

Bei den Hartgipssorten ist es unbedingt notwendig, sich auf das Mischungsverhältnis, wie es von den Firmen angegeben wird, zu beziehen. Das Gipsgemisch ist bei richtiger Ausführung so dick, daß man zum Einfüllen in den Abdruck den Spatel benutzen muß. Es ist vielleicht auch zur Kennzeichnung besser vom Moldano-Zement als vom Moldano-Gips zu sprechen.

Kurz, aber kräftig, wird mit sauberem Löffel dann umgerührt, damit das Gemisch eine einheitliche, sahnenartige Konsistenz erhält. Es ist bekannt, daß man mit dem längeren Anrühren zwar ein Verkürzen der Abbindezeit herbeiführen kann, nach meinen Versuchen aber nur auf Kosten der Expansion, die sich proportional mit der Verlängerung der Anrührzeit vergrößert.

Sterzl und Schacke berichten über die mannigfaltigsten Mittel, die entweder verzögernd oder auch beschleunigend auf die Abbindung des Gipses einwirken. Schon im Jahre 1778 gebrauchte man Leim, um eine Verzögerung der Abbindung herbeizuführen. Puscher hatte im Jahre 1869 große Erfolge mit Eibischwurzel. Höfer wiederum empfahl Kieselsäure und Borax. Andere gaben Alkohol, Dextrin, Tannin an. Pedtrotti zeitigte gute Ergebnisse mit Milch, Molkenwasser, Käsestoff usw., die alle verzögernd auf die Abbindung einwirken.

An Mitteln, die eine beschleunigende Wirkung ausüben, könnte man folgende anführen: Kaliumsulfat, das wir 4%ig in der Klinik verwenden und an dessen Stelle man auch Ätzkali oder Pottasche treten lassen kann. Ferner Glaubersalz, Alaun und Kochsalz. Am wirkungsvollsten ist Alaun und Kochsalz. Es ist nun nicht so, daß man wahllos viel Salz in das Wasser zugibt und es auflösen läßt und nun glaubt, mit der Menge des hinzugefügten Salzes nehme nun auch die Beschleunigung der Abbindezeit zu. Im Gegenteil, von einem bestimmten Konzentrationsgrad an wird die Abbindezeit wesentlich länger. Das Maximum liegt nach Port bei einer 6%igen Kochsalzlösung, nach Schönbeck schon bei einer 2,5—3%igen Lösung. Für Alaun ergibt sich als günstigste Konzentration eine 6%ige Lösung. Außerdem haben diese beiden Salze den großen Vorteil, die Expansion des Gipses hintanzuhalten.

Zusammenfassend kann man behaupten, daß alles, was das Abbinden des Gipses beschleunigt, auch die Temperatur im besonderen erhöht und die Expansion mit Ausnahme der Katalysatoren größer werden läßt, dagegen die Härte des Gipses wesentlich herabmindert.

Zusammenfassung

Im Hinblick auf die neueren klinischen und technischen Arbeitsverfahren wird die große Bedeutung, die der Gips durch seine zentrale Stellung in allen diesen besitzt, festgehalten worden. Es konnte gezeigt werden, wie die Voraussetzungen für spätere Formveränderungen moderner Gips- und Hartgipssorten bereits durch den Herstellungsgang gegeben sind. Expansion ist eine besondere Eigenschaft der abbindefähigen Substanzen des Gipses. Schrumpfung wiederum ist abhängig von den beigegebenen oder während des Brennens entstandenen Füllstoffen und deren Wasseraufnahmefähigkeit. In eigenen Versuchen sollte Expansion und Schrumpfung von Abdruckgips, weißem Modellgips und den gebräuchlichen deutschen Hartgipssorten bestimmt werden. Jeweils für die verschiedenen technischen Arbeitsgebiete entstanden aus diesen Messungen Indikationsgebiete der einzelnen Gipssorten. Auf die Bedeutung von Anrührverhältnis und die besondere Beachtung der Arbeitsvorschriften, so wie sie von den Firmen den Originalpackungen beigegeben sind, konnte hingewiesen werden.

Zum Schlusse meiner Arbeit ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Professor Dr. Karl Falck für die Überlassung des Themas und Herrn Dr. Strack für seine Bemühungen zu danken.

Literatur-Verzeichnis.

Deichmann: Deutsche Monatsschrift für Zahnheilkunde. 1927.

Dubs: Schweizer Vierteljahresschrift für Zahnheilkunde. 1934.

Dudek: Schweizer Vierteljahresschrift für Zahnheilkunde. 1929.

Gysi: Schweizer Vierteljahresschrift für Zahnheilkunde. 1918.

— Schweizer Vierteljahresschrift für Zahnheilkunde. 1921.

— Schweizer Vierteljahresschrift für Zahnheilkunde. 1932.

Port: Deutsche Monatsschrift für Zahnheilkunde. 1905.

Mehnert: Korrespondenzblatt für Zahnärzte. 1938.

Rettig: Deutsche Monatsschrift für Zahnheilkunde. 1929.

Schacke: Schweizer Vierteljahresschrift für Zahnheilkunde. 1927.

Schoenbeck: Deutsche Zahnärztliche Zeitung. 1912.

Spence: The Dental Review. 1905.

— The Dental Digest. 1916.

Sterzel: Deutsche Monatsschrift für Zahnheilkunde. 1923.

Schubert: Deutsche Zahnärztliche Wochenschrift. 1931.

Wannenmacher: Deutsche Monatsschrift für Zahnheilkunde. 1925.

Falck: Deutsche Zahnärztliche Wochenschrift. 1938.

Lebenslauf

Ich wurde am 1. Juli 1915 als Sohn des Fabrikdirektors Wilhelm Fricke in Erfurt geboren. Bestand dort 1934 mein Abiturienten-Examen und ging dann sofort in den Reichsarbeitsdienst. Vom Wintersemester 1934-35 an studierte ich in München Zahnheilkunde, wo ich im Frühjahr 1938 mein Staatsexamen bestand. Seit Juni 1938 bin ich als Volontär-Assistent an der Münchener Universitäts-Zahnklinik tätig.